3B SCIENTIFIC® PHYSICS

Röntgengerät (230 V, 50/60 Hz) 1000657
Röntgengerät (115 V, 50/60 Hz) 1000660

Bedienungsanleitung

10/12 ALF / Hh

1. Strahlenschutz

Vor einer Erstinbetriebnahme des Röntgengerätes ist dafür zu sorgen, dass die geplante Inbetriebnahme nach den länderspezifischen Gesetzen, Verordnungen und Vorschriften bei den zuständigen Behörden genehmigt bzw. ordnungsgemäß angezeigt wird.

Die Hochspannung kann nur bei geschlossener Abdeckhaube und ordnungsgemäß geschlossenem Sicherheitskreis eingeschaltet und so die Röntgenröhre in Betrieb genommen werden. Das Gehäuse ist mit einer Einwegschraube gegen ein Öffnen gesichert. Die Röntgenstrahlung wird somit abgeschirmt und ein gefahrloses Experimentieren ermöglicht.

Die maximalen Betriebsbedingungen U = 30 kV und I = 100 µA können nicht überschritten werden.

Vor jeder Inbetriebnahme des Röntgengeräts die Strahlenschutzvorrichtungen gemäß Abschnitt 8.1 überprüfen.

Das Gehäuse des Röntgengeräts darf nicht geöffnet werden. Wenn am Röntgengerät Manipulationen, Reparaturen etc. vorgenommen werden, die nicht den Aufbau von Experimenten im Experimentierraum betreffen, erlischt die Bauartzulassung und das Röntgengerät darf nicht weiter betrieben werden. Reparaturen dürfen ausschließlich vom Hersteller UK 3B Scientific Ltd. vorgenommen werden

- Das Gerät vor dem Zugriff Unbefugter schützen.

2. Sicherheitshinweise

Das Röntgengerät entspricht den Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte nach DIN EN 61010 Teil 1 und ist nach Schutzklasse I aufgebaut. Es ist für den Betrieb in trockenen Räumen vorgesehen, welche für elektrische Betriebsmittel oder Einrichtungen geeignet sind.

Bei bestimmungsgemäßem Gebrauch ist der sichere Betrieb des Gerätes gewährleistet. Die Sicherheit ist jedoch nicht garantiert, wenn das Gerät unsachgemäß bedient oder unachtsam behandelt wird. Wenn anzunehmen ist, dass ein gefahrloser Betrieb nicht mehr möglich ist, ist das Gerät unverzüglich außer Betrieb zu setzen (z.B. bei sichtbaren Schäden) und gegen unbeabsichtigten Betrieb zu sichern.

- Röntgengerät sofort nach dem Auspacken auf Transportschäden untersuchen. Falls Schäden festgestellt werden, Gerät nicht in Betrieb nehmen und den Hersteller UK 3B Scientific Ltd. benachrichtigen.
- Bitte die Verpackung nicht wegwerfen, da sie eventuell für Rücksendungen gebraucht wird.
- Vor der Erstinbetriebnahme das Gerät auf die korrekte Netzspannung am Wahlschalter einstellen.

Wegen der hohen Dosisleistung im Inneren des Röntgengerätes unterliegt das Röntgengerät einer besonderen Sorgfaltspflicht des Betreibers.

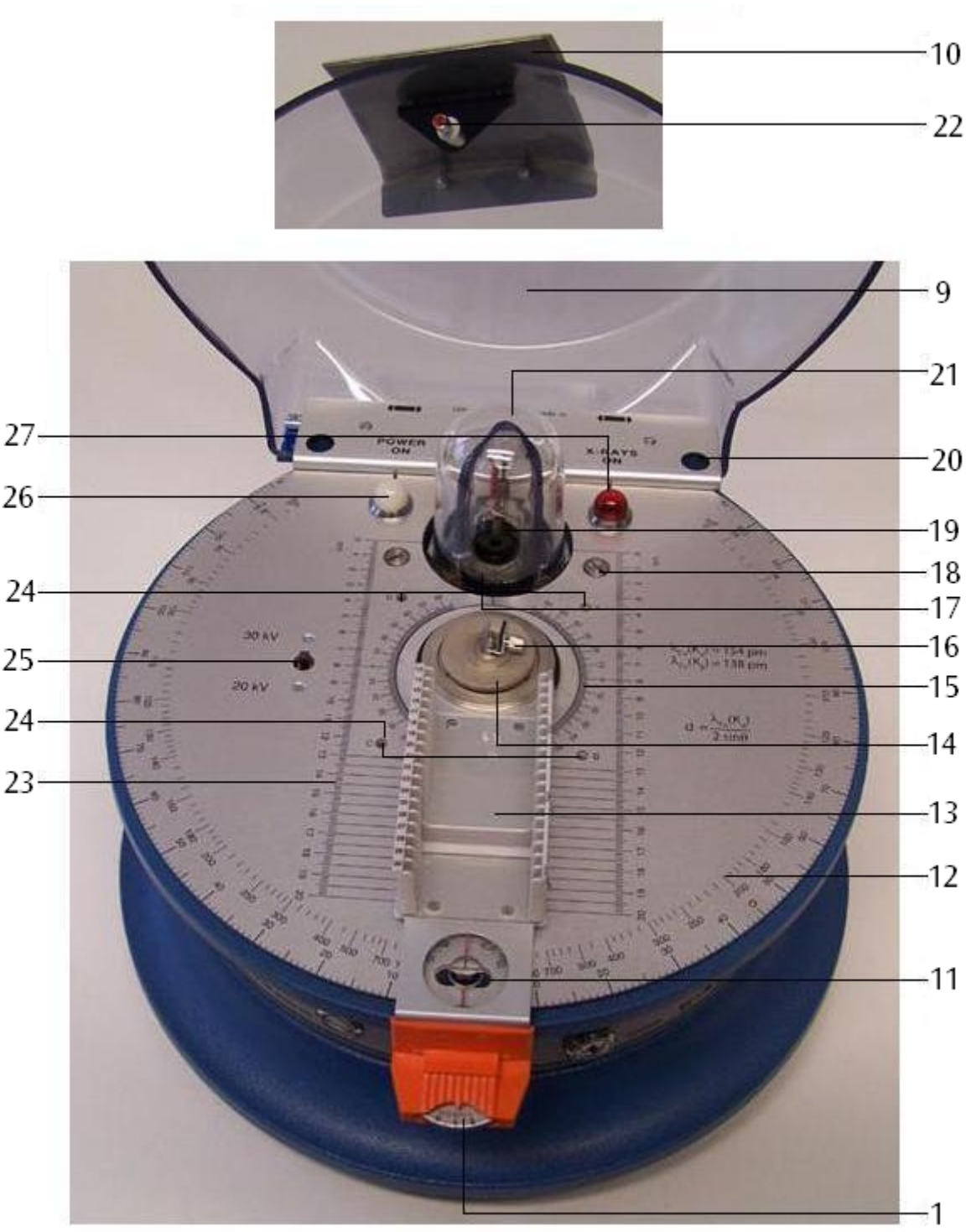
- Vor jeder Inbetriebnahme des Röntgengeräts Gehäuse, Abdeckhaube, Bedien- und Anzeigeelemente auf Beschädigungen untersuchen und insbesondere die Strahlenschutzvorrichtungen gemäß Abschnitt 8.1 überprüfen.
- Bei sichtbaren Schäden das Röntgengerät nicht in Betrieb nehmen und gegen unbeabsichtigten Betrieb sichern.
- Bei Funktionsstörungen Gerät außer Betrieb setzen und gegen unbeabsichtigten Betrieb sichern.
- Wenn die Hochspannungskontrollleuchte leuchtet, obwohl die Abdeckhaube nicht ordnungsgemäß verschlossen und in der Mittenstellung verriegelt ist, Gerät sofort außer Betrieb nehmen.

Falls die Katodenheizung der Röhre nicht arbeitet, kann beim Ausschalten der Hochspannung der „Afterflash“ (Aufblitzen der Röhrenheizung beim Abschalten der Hochspannung) nicht wirken. Die Hochspannung kann deshalb noch bis zu 6 Stunden an der Röhre anliegen.

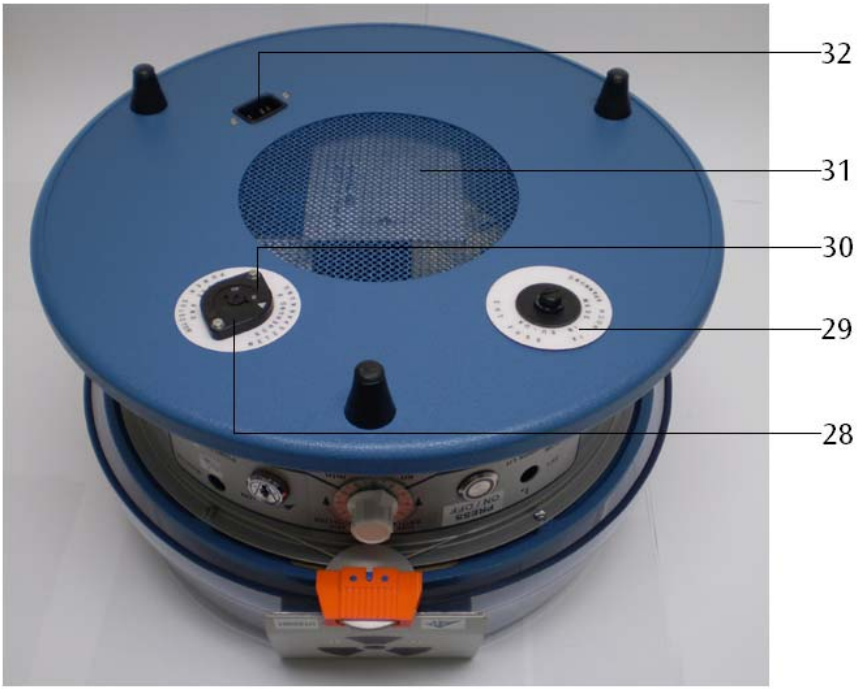
- Daher Hochspannung führende Teile nach einem Katodenausfall frühestens nach 6 Stunden berühren.
- Bei Lampenwechsel oder Sicherungstausch Netzstecker ziehen!

3. Komponenten und Bedienelemente

1 Feinsteller für Goniometer
2 Trimmpotentiometer zur Einstellung des Emissionsstroms
3 Taster für Hochspannung mit EIN / AUS-Funktion
4 Gehäuse
5 Fuß
6 Zeitschaltuhr
7 Schlüsselschalter für Netzspannung
8 Klinkenbuchse für Emissionsstrommessung mit Strom-proportionalem Spannungsausgang
9 Abdeckhaube
10 Abschirmplatte mit Strahlenwarnschild



11 Hantelförmiger Schlitz zur Verriegelung der Abdeckhaube
12 Winkelskala für Messarm
13 Messarm mit Dia-Magazin
14 Andruckplatte
15 Winkelskala für Probenhalter
16 Probenhalter
17 Strahlaustrittsöffnung mit Messingkollimator
18 Arretierschrauben für Bleiglasdom
19 Röntgenröhre
20 Durchführungen
21 Bleiglasdom
22 Verschlusszapfen der Abdeckhaube
23 Abstandsskala vom Brennfleck
24 4-mm-Buchsen zum Aufbau des Motortriebs
25 Hochspannungswahlschalter
26 Kontrollleuchte Netzspannung (weiß)
27 Kontrollleuchte Hochspannung (rot)



28 Sicherungshalter für Netzspannung
29 Sicherungshalter für Hochspannung
30 Netzspannungswahlschalter
31 Öffnung für Gehäuselüftung
32 Netzanschluss

4. Beschreibung

Das Röntgengerät dient zur Durchführung einer Vielzahl von Experimenten zu folgende Themen:

- Eigenschaften von Röntgenstrahlen:
  Durchstrahlung
  Geradlinige Ausbreitung
  Ionisierung
  Röntgenfotografie
- Fluoreszenzstrahlung
- Abschirmung von Röntgenstrahlung
- Absorptionsexperimente
- Abstandsgesetz
- Dosimetrie und Strahlenschutz
- Beugung von Röntgenstrahlen:
  Laue-Aufnahmen
  Debye-Scherrer-Aufnahmen
- Bragg-Reflexion,
  Duane-Hunt'sches Verschiebungsgesetz (h-Bestimmung)
- Moseley Gesetz

In das Röntgengerät ist ein horizontales Zählrohr-Goniometer eingebaut, das durch einen schwenkbaren Messarm sowie einen Probenhalter in dessen Drehachse gebildet wird. Der Schwenkarm in Form eines Dia-Magazins dient zur Aufnahme des Geiger-Müller-Zählrohrs (1000661), der Ionisationskammer (1000668) sowie Experimentiergeräten im Dia-Format bzw. auf einer 50 mm x 50 mm Grundplatte (z.B. aus 1000665, 1000666, 1000667). Der Schwenkarm lässt sich per Hand unabhängig um den Probenhalter drehen oder mit einer festen Winkelkopplung im Verhältnis 2:1, z. B. für Experimente zur Bragg'schen Reflexion. Der Experimentierraum ist in einem geschlossenen Gehäuse mit einer transparenten, strahlungssicheren Abdeckhaube untergebracht. Die Abdeckhaube kann wegen der Sicherheitsverriegelung erst nach AUS-Schalten des Hochspannungstasters und einer Hochspannungs-Abklingzeit von 2 Sekunden geöffnet werden. Ein Zeitschalter mit 1 Stunde maximaler Schaltzeit ermöglicht das Einstellen auch längerer Belichtungszeiten und verhindert den unkontrollierten Dauerbetrieb des Gerätes. Die Hochvakuum-Röntgenröhre mit direkt geheizter Wolframkatode und Kupferanode befindet sich in einem Borosilikatglas mit konkavem, dünnwandigem Strahlaustrittsfenster. Eine Bleiglashaube mit Messingkollimator lässt den Röntgenstrahl parallel zur Geräteoberseite austreten und schirmt gegen Streustrahlung ab. Der austretende Röntgenstrahl trifft auf eine Blei-Aluminium-Abschirmplatte mit aufgedrucktem Strahlensymbol, dessen Durchmesser mit dem des unkollimatierten Strahls übereinstimmt.

5. Lieferumfang

1 Grundgerät
1 Röntgenröhre
1 Klinkenstecker
2 Schmelzsicherungen
1 Strahlenwarntafel in Deutsch, Englisch, Französisch und Spanisch
1 Bedienungsanleitung

6. Technische Daten

Röntgenröhre:

Anodenspannung:	20/30 kV umschaltbar, elektronisch stabilisiert
Emissionsstrom:	0 bis 80 µA stufenlos einstellbar und elektronisch stabilisiert
Strahlendosis:	< 0,1 mrem/h^{-1} in 0,1 m Abstand von berührbarer Oberfläche
Katodenheizung:	4 V, 1 A
Brennfleck:	5 mm x 1 mm
Anodenmaterial:	Cu
Bleiglaskollimator:	5 mm Ø
Divergenz des Strahles:	besser als 10°
Wellenlänge der charakt. Strahlung:	Cu -K_α: 154 pm Cu -K_β: 138 pm
Abmessungen:	100 mm x 32 mm Ø

Zählrohrgoniometer:

Schwenkbereiche:	0° +10° bis +130° und -10° bis -130° relativ zur Strahlachse
Winkelkopplung:	unabhängig zum Probenhalter oder im Verhältnis 2:1
Messgenauigkeit des Bragg-Winkels 2 θ:	5 Bogenminuten
Zeitschaltuhr:	0 bis 60 min, stufenlos einstellbar
Anschluss:	115 V / 230 V, 50/60 Hz über Netzkabel
Leistungsaufnahme:	100 VA
Abmessungen:	250 mm x 370 mm Ø
Masse:	9 kg

7. Ersatzteile und Zubehör

1. Ersatz-Röntgenröhre 1000664

2. Basisgerätesatz 1000665

   Der Basisgerätesatz ermöglicht qualitative und quantitative Versuche, z.B. zur geradlinigen Ausbreitung, Ionisation und zum Durchdringungsvermögen von Röntgenstrahlung sowie zur Röntgenfotografie, zum Nachweis des Wellencharakters der Röntgenstrahlung, zur Untersuchung von Röntgen-Fluoreszenzstrahlung und zur Bestimmung von Massen-Absorptionskoeffizienten.

   Lieferumfang:

   1 Leuchtschirm
   1 Debye-Scherrer Kamera
   2 Filmkassetten
   1 Bleimaske
   2 Platten-Elektroden auf 4-mm-Steckerstift
   1 Spaltblenden-Kollimator, 1 mm
   1 Lochblenden-Kollimator, 1 mm Ø
   1 Zusatzmagazin mit Kreisblende
   2 Spaltblenden, 1 mm/3 mm
   1 Lochblende, 9,5 mm Ø
   2 Einkristalle, LiF, NaCl
   2 Minikristalle, LiF
   1 Pulverprobe, LiF
   10 Cu-Drähte
   4 Absorptionsfolien, Ni, Cu, Co, Zn
   1 Streufolienrevolver, belegt mit den Elementen V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn
   1 Fernauslöser für Streufolienrevolver
   1 Satz Montagehilfen (Acetat-Kleber, Clips)
   1 Aufbewahrungskasten, Geräte-geformt

3. Kristallographie-Zubehör 1000666

   Das Kristallographie-Zubehör ermöglicht weiterführende kristallographische Untersuchungen, Erarbeitung des Moseley Gesetzes, des Debye-Scherrer-Verfahrens, der Bragg'schen Reflexion sowie Materialuntersuchungen.

   Lieferumfang:

   4 Folien, Fe, V, Mn, Cr
   2 Einkristalle, KCl, RbCl
   5 Pulverproben, NaF, SiC, NH_4Cl, MgO, Al
   2 Drahtproben, Al, Nb (je 3 x) für Debye-Scherrer-Untersuchung
   10 Polyäthylen-Fäden
   1 Scheibe zur Berechnung des Bragg'schen Glanzwinkels

4. Radiographie-Zubehör 1000667

Das Radiographie-Zubehör ermöglicht Versuche zu folgenden Themenbereichen: Streuung, Absorption; Abhängigkeit von Beschleunigungsspannung bzw. Emissionsstrom und Durchdringungsfähigkeit, Auflösungsvermögen; Abschirmung, Halbwertsdicke; Belichtungszeit, zerstörungsfreie Werkstoffprüfung.

Lieferumfang:

1 Malteserkreuz
1 Phantom
1 Lochblende
1 Aluminiumschicht, gestuft
5 Aluminium-Absorber, 0,1/0,25/0,5/1,0/2,0 mm
1 Blei-Absorber, 0,5 mm
1 Kunststoff-Absorber
2 Magnete
4 Materialprüfmodelle (Porosität, Risse, Schweißnaht, Gemälde)

5. Filmpack 2 1000669

Filmpack 2 enthält hochempfindliche Filme für Radiographien für α-, β- und Röntgenstrahlung. Die Filmblätter sind einzeln in lichtdichten Kunststoffhüllen verpackt und ermöglichen Entwicklung und Fixierung bei Tageslicht.

Lieferumfang:

20 Filmblätter 38 mm x 35 mm in lichtundurchlässigen Kunststoffhüllen
1 Flasche Röntgen-Entwickler
1 Flasche Röntgen-Fixierer
1 Spritze mit Kanüle zum Einfüllen der Chemikalien in die Filmhüllen
1 Metallklammer

6. Filmpack 4 1000670

Wie Filmpack 2 jedoch

12 Filmblätter 150 mm x 12 mm in lichtdichten Kunststoffhüllen für Debye-Scherrer-Kamera.

7. Motorantrieb (230 V, 50/60 Hz) 1000663
Motorantrieb (115 V, 50/60 Hz) 1000662

Der Motorantrieb dient in Verbindung mit der Debye-Scherrer-Kamera für Strukturuntersuchungen nach dem Drehkristallverfahren.

Netzanschluss:	115/230 V, 50/60 Hz
Leistungsaufnahme:	3 VA

8. Ionisationskammer 1000668

Die Ionisationskammer dient zur Untersuchung der Ionisation von Luft und anderen Gasen durch Röntgenstrahlung bei unterschiedlichem Druck (Sättigungscharakteristik, Modell eines Geiger-Müller-Zählrohrs, Dosimetrie).

Betriebsspannung:	max. 2 kV
Ionisationsstrom:	10^{-11} bis 10^{-10} A
Stabelektrode:	75 mm lang
Kammer:	85 mm x 25 mm Ø
Schlauchwelle:	5 mm Ø

9. Geiger-Müller-Zählrohr 1000661

Das Geiger-Müller-Zählrohr ist ein selbstlöschendes Halogen-Auslösezählrohr zur Registrierung von α-, β-, γ- und Röntgenstrahlung.

Dosisratenbereich:	10^{-3} bis 10^{2} mGy/h
Massenbelegung der aktiven Fläche (Glimmer):	2,0 bis 3,0 mg/cm²
Betriebsspannung:	500 V
Anschluss:	BNC
Kabellänge:	1 m
Abmessungen:	57 mm x 22 mm Ø

10. Basissatz Bragg 1008508

Gerätesatz zu Braggs Reflektionsexperiment mit einem LiF- und einem NaCl-Kristall.

Lieferumfang:

1 Spaltblenden-Kollimator, 1 mm
2 Spaltblenden, 1 mm / 3 mm
2 Einkristalle, LiF, NaCl
1 Geiger-Müller-Zählrohr (1000661)

11. Bragg Driver 1012871

Der Bragg Driver ist eine Kombination aus Hardware und Software, die dem Benutzer ermöglicht die Diffraktionsdaten der Röntgenstrahlung zu sammeln. Er stellt die Hochspannung und das Schaltungssystem des Geiger-Müller-Zählrohres (1000661) zur Verfügung und schließt ein Softwareprogramm ein, welches dem Benutzer erlaubt den Driver zu kontrollieren und Daten zu sammeln.

Zeitspanne:	30 s
Winkelbereich:	12° – 120°
Zeit pro Schritt:	≥ 0.1 s
Winkelschritt:	≥ 0.05°
GM Rohrspannung:	0 – 1000 V

8. Bedienung

8.1 Überprüfung der Vorrichtungen, die dem Strahlenschutz dienen

Vor jedem Einsatz des Röntgengerätes sind die verschiedenen Sicherheitselemente, die dem Strahlenschutz dienen, auf einwandfreie Funktion zu überprüfen. Die Überprüfung ist in der aufgeführten Reihenfolge der Prüfschritte durchzuführen. Bei Beanstandungen ist das Gerät sofort vom Netz zu trennen. Sollten sich die Fehler nicht durch die Vorschläge in Abschnitt 10 beseitigen lassen, muss das Röntgengerät vom Hersteller repariert werden. Wenn die Sicherheitskontrolle erfolgreich verlaufen ist, darf das Röntgengerät verwendet werden.

- Abdeckhaube auf Schäden überprüfen.
- Abschirmplatte mit Strahlenwarnschild auf festen Sitz überprüfen.
- Verschlusszapfen der Abdeckhaube auf Schäden überprüfen.
- Bleiglasdom und Messingkollimator auf Schäden und festen Sitz überprüfen.
- Netzkontrollleuchte auf Funktion überprüfen: Dazu Abdeckhaube schließen, Gerät ans Netz anschließen, Zeit an der Zeitschaltuhr einstellen, Schlüsselschalter betätigen. Netzkontrollleuchte muss leuchten. Hochspannungskontrollleuchte darf nicht leuchten.
- Zeitschaltuhr auf Funktion überprüfen: Dazu Schlüsselschalter betätigen und Zeit einstellen.
- Relais der Zeitschaltuhr überprüfen: Dazu Uhr auf 0 stellen. Netzkontrollleuchte darf bei eingeschaltetem Netzschalter nicht leuchten.
- Hochspannungskontrollleuchte auf Funktion überprüfen: Dazu bei geschlossener und verriegelter Abdeckhaube (Verschlusszapfen in Mittelposition) Zeit an der Zeitschaltuhr einstellen und Schlüsselschalter betätigen. Hochspannungskontrollleuchte darf noch nicht leuchten. Hochspannung mittel Taster einschalten. Kontrollleuchte und Leuchtring des Tasters müssen leuchten.
- Schaltfunktion der Sicherheitselemente im Haubenscharnier überprüfen: Dazu bei eingeschalteter Hochspannung Abdeckhaube seitwärts schieben, ohne sie zu öffnen, Verschlusszapfen verbleibt also in einem Ende des hantelförmigen Schlitzes. Hochspannung und damit die Hochspannungskontrollleuchte und der Leuchtring müssen ausschalten.

8.2 Inbetriebnahme des Röntgengerätes

8.2.1 Öffnen, Schließen und Verriegeln der Abdeckhaube

- Zum Öffnen der Abdeckhaube Haube seitwärts zu der Seite, auf der sich der Messarm befindet, schieben und aufklappen.
- Zum Schließen der Abdeckhaube den Verschlusszapfen in das Ende des hantelförmigen Schlitzes auf der Seite, auf der sich der Messarm befindet, einführen.
- Abdeckhaube zur Seite verschieben, so dass der Verschlusszapfen hörbar in der Mittelposition einrastet.

Die Abdeckhaube ist nun gegen direktes Öffnen gesichert. Die Hochspannung kann eingeschaltet werden.

8.2.2 Einschalten des Röntgengeräts

- An der Zeitschaltuhr Vorwahlzeit einstellen.
- Röntgengerät mittels Schlüsselschalter einschalten.

Die Netzkontrollleuchte leuchtet auf. Nach Ablauf der eingestellten Zeit schaltet das Gerät ab.

8.2.3 Schließen der Abdeckhaube und Einschalten der Hochspannung

- Nach Einschalten der Netzspannung die gewünschte Hochspannung U = 20 kV/30 kV mittels Schiebeschalter wählen.
- Abdeckhaube schließen und in der Mittelstellung des Verschlusszapfens verriegeln.
- Hochspannungstaster betätigen.

Die Hochspannungskontrollleuchte und der Leuchtring des Tasters leuchten und es wird Röntgenstrahlung erzeugt.

- Röntgenstrahlung mittels des Leuchtschirms, der Ionisationskammer oder dem Geiger-Müller-Zählrohr nachweisen.

8.2.4 Einstellen und Messen des Emissionsstromes

- Ein Voltmeter mit einem Messbereich von 10 V DC über ein Adapterkabel an die Klinkenbuchse anschließen.
- Mit einem Schraubendreher am Schraubenpotentiometer den gewünschten Emissionsstrom einstellen.

Es gilt folgender Zusammenhang:

I_A [A] = U_A [V] / 10^5 [Ohm]

Somit wird ein Röhrenstrom von z. B. 80 µA als eine Gleichspannung von 8 V auf dem Voltmeter angezeigt.

8.2.5 Abschalten der Hochspannung und Öffnen der Abdeckhaube

- Hochspannungstaster betätigen, Verzögerungszeit der Sicherheits-Haubenentriegelung abwarten und Abdeckhaube seitlich verschieben.

8.2.6 Probenhalter

Die Einkristalle (NaCl, LiF, etc.) können auf dem Probenhalter fixiert werden (siehe Fig. 5). Die Spannbacke samt Auflage kann durch Lösen der Schraube entfernt werden

- Einkristall mittels der Spannbacke im Probenhalter fixieren und so die Winkeljustierung des Kristalls definieren. Die rauhe Seite des Kristalls soll in Richtung Röntgenröhre weisen.
- Winkel θ zwischen Probenhalter und Strahlachse auf der Winkelskala für Probenhalter ablesen.

8.2.7 Messarm

Der Messarm verfügt über 18 Einsteckplätze für das Experimentierzubehör und die Nachweisgeräte. Der Winkel 2 θ zwischen Messarm und Strahlachse wird auf der Winkelskala für Messarm abgelesen. Zur genauen Winkelmessung dient die Skala des Feinstellers. Dazu

- Messarm auf den nächsten ganzen Winkel 2 θ einstellen.
- Dann Feinsteller gegen die Fadenspannung bei festgehaltenem Messarm auf 0 stellen.

Der Messarm kann noch um ±4° am Feinsteller verstellt werden.

- Relativwinkel an der Feinstellerskala ablesen (Genauigkeit etwa 5 Bogenminuten).

8.2.8 Winkelkopplung 2:1

Bei der Aufnahme eines Bragg-Spektrums wird der Messarm um den doppelten Winkel 2 θ und der Probenhalter simultan um den Winkel θ gedreht.

- Messarm und Probenhalter exakt auf θ = 0° einstellen.
- Andruckplatte feinfühlig einschrauben.

Bei Bewegung des Messarmes bewegt sich nun der Probenhalter jeweils um den halben Winkel mit (siehe Fig. 4).

- Zur Aufhebung der Kopplung Andruckplatte 1 bis 2 Umdrehungen lösen

8.3 Sicherungswechsel

- Netzstecker ziehen.

8.3.1 Netzsicherung

- Sicherungshalter für Netzspannung am Gehäuseboden aufschrauben.
- Neue Sicherung mit korrektem Wert einsetzen.
- Sicherungshalter zuschrauben.

8.3.2 Hochspannungssicherung

- Sicherungshalter für Hochspannung am Gehäuseboden aufschrauben.
- Neue Sicherung mit korrektem Wert einsetzen.
- Sicherungshalter zuschrauben.

8.4 Lampenwechsel

- Netzstecker ziehen.
- Kunststoffdeckel von Netz- bzw. Hochspannungskontrollleuchte abschrauben.
- Lampe mit Hilfe eines kurzen Stücks Kunststoffschlauch herausdrehen und ersetzen:

  Netzkontrolllampe: 6 V / 0,05 A
  Hochspannungskontrolllampe: 6 V / 0,1 A
- Deckel wieder aufschrauben.

8.5 Justierung der Röntgenröhre

Das Röntgengerät wird mit werksseitig justierter Röntgenröhre ausgeliefert. Ein Nachjustieren ist deshalb in der Regel nicht notwendig. Eventuell könnte jedoch beim Transport eine Dejustierung auftreten und eine Nachjustierung notwendig machen.

8.5.1 Höhenjustierung der Röntgenröhre

- Zählrohr in die Nuten 17 und 20 des Messarms einsetzen und in die 0°- Position schwenken.
- Spaltblende 1 mm (aus 1000665) horizontal in Nut 13 einsetzen.
- Lochblende 1 mm Ø (aus 1000665) am Messingkollimator des Bleiglasdoms anbringen.
- Röntgengerät einschalten und Hochspannung von 20 kV wählen.
- Emmissionsstrom so einstellen, dass das Zählrohr etwa 200 bis 400 Impulse/Sekunde zählt (siehe 8.2.4).
- Unteren Gummistopfen an der Geräterückseite entfernen und an der nun zugänglichen Schraube die Höhe der Röntgenröhre so verändern, dass die maximale Zählrate erreicht wird.
- Gummistopfen wieder einsetzen.

8.5.2 Seitenjustierung der Röntgenröhre

- Röntgengerät abschalten und Abdeckhaube öffnen.
- Spaltblende 1 mm (aus 1000665) vertikal in Nut 30 einsetzen.
- Spaltblenden-Kollimator 1 mm (aus 1000665) vertikal am Messingkollimator des Bleiglasdoms befestigen.
- Spannbacke vom Probenhalter abnehmen und mittels Montageclip Glasstäbchen (aus 1000665) im Probenhalter platzieren (siehe Fig. 5).
- Netzspannung einschalten.

- Durch die beiden Spalte Röntgenröhre anpeilen. Das Glasstäbchen muss sich in der Mitte des Katodenreflexes auf der Anode befinden.
- Falls es nicht in dieser Position ist, Bleiglasdom um einen kleinen Winkel drehen. Dazu die Befestigungsschrauben lösen.
- Glasstäbchen und Montageclip wieder entfernen.
- Zur Feinjustierung LiF-Minikristall im Probenhalter befestigen.
- Messarm und Probenhalter in die 0°-Position bringen.
- Winkelkopplung 2:1 vornehmen (siehe 8.2.8).
- Messarm auf Winkel 2 θ = 45° einstellen. Dabei ist die Seite des Goniometers so zu wählen, dass einfallender und reflektierter Strahl auf der abgeschrägten Seite des Probenhalters liegen (siehe auch Fig. 5).
- Hochspannung auf 30 kV stellen, Abdeckhaube schließen und Hochspannung einschalten.
- Cu-K_α-Reflex suchen (Literaturwert für LiF = 44°56'). Der Messwert sollte innerhalb 30' mit dem Literaturwert übereinstimmen.
- Liegt der gefundene Wert nicht innerhalb dieser Toleranz, vorherige Schritte überprüfen und wiederholen.
- Liegt der Messwert immer noch außerhalb der Toleranz, Messarm auf den Mittelwert zwischen Mess- und Literaturwert einstellen.
- Oberen Gummistopfen an der Gehäuserückwand entfernen, mittels der nun zugänglichen Schraube Röntgenröhre kippen und Zählrate maximieren.
- Mit dem Messarm Maximum des Reflexes aufsuchen. Gegebenenfalls solange nachjustieren bis Mess- und Literaturwert innerhalb von 30' übereinstimmen.

9. Bedienungshinweise zum Zubehör

9.1 Einbau der Kollimatoren (aus 1000665)

Die Kollimatoren dienen zur Verringerung der Strahldivergenz.

- Einen der Kollimatoren direkt am Messingkollimator des Bleiglasdoms aufstecken.

9.2 Einbau von Spalten und weiteren Experimentierobjekten im Diaformat im Messarm

- Das gewünschte Experimentierobjekt im Diaformat in die Nut des Messarmes einsetzen und mit der Federklemme arretieren.

9.3 Ionisationskammer (1000668)

- Ionisationskammer gemäß Fig. 6 zusammensetzen.

Für den Nachweis der ionisierenden Wirkung der Röntgenstrahlung unter Normaldruck dient der Kammerdeckel mit großer Öffnung, bei vermindertem Druck (Prinzip des Geiger-Müller-Zählrohres), der Kammerdeckel mit Evakuierungsanschluss.

- Die Spannungszuführungen sowie eventuell die Pumpleitung durch die Durchführungen aus dem Experimentierraum nach außen leiten. Experimentierkabel mit den mitgelieferten Steckern umrüsten.
- Ionisationskammer in den Messarm einsetzen (siehe Fig. 2).

9.4 Geiger-Müller-Zählrohr (1000661)

- Zählrohrhalter ins Diamagazin im Messarm mit den Federklemmen einsetzen und fixieren (siehe Fig. 3).

9.5 Streufolienrevolver (aus 1000665)

Der Streufolienrevolver enthält 8 verschiedene Metallfolien, die nacheinander per Fernauslöser in den Strahlengang geschwenkt werden können. In einem Fenster auf der Rückseite des Revolvers werden die Elementsymbole angezeigt.

- Spannbacke des Probenhalters entfernen (siehe Fig. 9).
- Streufolienrevolver mit der halbkreisförmigen Vertiefung auf den Probenhalter aufsetzen.
- Fernauslöser am Streufolienrevolver anschrauben und auf Funktion überprüfen.
- Fernauslöser unter der Abdeckhaube herausführen.

9.6 Debye-Scherrer-Kamera (aus 1000665) und Motorantrieb (1000662 bzw. 1000663)

Die Debye-Scherrer-Kamera besteht aus drei Teilen: Gehäuse, Deckel und Spannhalter mit Kegelrad (siehe Fig. 7). In Verbindung mit dem Motorantrieb sind z.B. Drehkristallaufnahmen möglich.

- Spannbacke des Probenhalters entfernen, Messarm auf 2 θ = 90°, Probenhalter auf θ = 90° einstellen. Dabei darauf achten dass die glatte Seite des Halters auf die Röntgenröhre weist.
- 1-mm-Kollimator am Messingkollimator des Bleiglasdoms befestigen.
- Gehäuse der Debye-Scherrer-Kamera probeweise zwischen Bleiglasdom und Probenhalter platzieren (siehe Fig. 7). Falls die Kamera nicht spielfrei sitzen sollte, kann mit der Schraube am Boden der Kamera eine Anpassung vorgenommen werden.

- Kamera in der Dunkelkammer mit einem Röntgenfilm aus Filmpack 4 (1000670) laden. Den Film eng an die innere Zylinderwandung anlegen.
- Für Drehkristallaufnahmen zusätzlich einen Film aus Filmpack 2 (1000669) auf den Boden in der Kamera legen.
- Probe im Bohrfutter des Spannhalters befestigen, Kameradeckel schließen und Spannhalter mit der eingespannten Probe in die Kamera einsetzen.
- Kamera auf dem Probenhalter platzieren.
- Falls erforderlich zusätzlich den Motorantrieb (1000662 bzw. 1000663) gemäß Fig. 8 platzieren. Dazu dessen Stecker in 4-mm-Buchse stecken. Dabei auf einwandfreien Lauf der Kegelzahnräder achten. Mittels des mitgelieferten Inbusschlüssels kann die Lage des Motorkegelrades auf der Achse verändert werden.

9.7 Röntgenfilme (1000669/1000670)

9.7.1 Entwicklung

- Vor Aufnahme der Flüssigkeit in die Spritze den Kolben 1 ml nach oben ziehen, so dass sich Luft über der Flüssigkeit befindet. So wird gewährleistet, dass die ganze Flüssigkeit aus der Spritze und der Kanüle beim Einspritzen in die Filmhülle gelangt.
- Kanüle in eine der Öffnungen neben dem Aufdruck auf der Filmhülle stecken und den Entwickler einspritzen.

Es ist sicherzustellen, dass beide Seiten des Films vom Entwickler benetzt werden und dass der Entwickler während der Entwicklungsdauer gut in der Filmhülle verteilt wird.

- Dazu leichten Druck mit dem Zeigefinger und Daumen auf die Filmhülle ausüben.
- Fixierer nach der Entwicklungszeit in die Filmhülle einspritzen ohne vorher den Entwickler zu entfernen.

Entwicklung	Entwickler	Fixierer
Zeit	1½ min.	4 min.
Filmpack 2	2½ ml	3½ ml
Filmpack 4	3½ ml	5 ml

9.7.2 Entnahme des Films

- Nach der Entwicklung des Films eine Ecke der Filmhülle mit einer Schere abschneiden und mit leichtem Druck die Flüssigkeit aus der Filmhülle entfernen.
- Dann das Ende der Filmhülle abschneiden und den Film mit der Metallklammer aus der Hülle nehmen.
- Film ein paar Minuten unter fließendem Wasser waschen, bevor er betrachtet wird.

Wenn der Film archiviert werden soll, muss er weitere 10 Minuten fixiert und 30 Minuten unter fließendem Wasser gewaschen werden. Handelsüblicher Fixierer mit oder ohne Härter kann dafür verwendet werden.

9.7.3 Aufbewahrung der Chemikalien

Während der Fixierer ziemlich stabil ist, kann es durch die Luft in der Entwicklerflasche zu einer Zersetzung des Entwicklers kommen.

- Entwickler in einer schon teilweise leeren Flasche, der für längere Zeit gelagert wird, in eine Flasche kleineren Volumens umfüllen. So bleibt er für lange Zeit verwendbar.
- Vor dem Verschließen der geöffneten Entwicklerflasche durch Zusammendrücken der Flasche den Flüssigkeitsspiegel bis an den oberen Rand der Flaschenöffnung bringen, so dass sich bei verschlossener Flasche möglichst wenig Luft über der Flüssigkeit befindet.
- Bei der Entsorgung der Chemikalien die lokalen Vorschriften beachten.

9.7.4 Allgemeine Hinweise

Bei der Belichtung der Röntgenfilme sollte der Abstand Film-Objekt möglichst klein und der Abstand Film-Strahlungsquelle möglichst groß sein in Einklang mit einer angemessenen Belichtungszeit und der Größe der Strahlungsquelle.

Der Film kann auch durch Beta- und Gammastrahlung von energiearmen Strahlungsquellen, die in Schulen vorhanden sind, belichtet werden.

Bei Strahlung mit einem hohen Anteil “weicher” Röntgenstrahlung kann die Musterung der Filmhüllen auf der entwickelten Aufnahme sichtbar sein.

Durch das Einschweißen in die PVC-Hüllen bekommt der Film manchmal Druckstellen an den Kanten. Nach dem Entwickeln können diese Kanten des Filmes stark geschwärzt sein.

10 Hinweise zur Fehlerbeseitigung

Fehler	Mögliche Ursache	Abhilfe
Netzkontrollleuchte funktioniert nicht, obwohl Netzanschluss überprüft wurde	Zeitschaltuhr steht auf 0	Vorwahlzeit einstellen
	Netzsicherung defekt	Sicherung austauschen (siehe Abschnitt 8.3)
	Hochspannungssicherung defekt	Sicherung austauschen (siehe Abschnitt 8.3)
	Anzeigelampe defekt	Lampe austauschen (siehe Abschnitt 8.4)
	Andere Ursachen	Gerät muss beim Hersteller überprüft werden
Katodenheizung bei eingeschalteter Hochspannung und vorgewähltem Röhrenstrom > 0 µA glüht nicht, obwohl Netzkontrolle leuchtet	Katode defekt	Gerät muss beim Hersteller überprüft werden
	Heizungsregelkreis defekt	
Hochspannungskontrollleuchte funktioniert nicht, obwohl Netzkontrolle leuchtet	Sicherheitsschaltkreis	Sicherheitsschaltkreis gemäß Abschnitt 8.1 kontrollieren, insbesondere Verriegelung des Bleiglasdoms, Verschluss und Arretierung der Abdeckhaube
	Anzeigelampe defekt	Lampe austauschen (siehe Abschnitt 8.4)
	Andere Ursachen	Gerät muss beim Hersteller überprüft werden
Hochspannung knistert direkt nach dem Einschalten	Feuchtigkeit unter Bleiglasdom	Bleiglasdom entriegeln und abnehmen, mit einem trockenen Tuch ausreiben und wieder einsetzen und verriegeln
Katode leuchtet bei Ausschalten der Hochspannung kurzzeitig hell auf („Afterflash“)	Kein Fehler, dient zur Entladung der Hochspannungskomponenten	
Keine Röntgenstrahlung, obwohl Hochspannung eingeschaltet ist	Katode glüht nicht	Gerät muss beim Hersteller überprüft werden. Vorsicht: Hochspannung bleibt nach Ausschalten an der Röhre über einige Stunden bestehen!
	Emissionsstrom zu klein	Emissionsstrom einstellen (siehe Abschnitt 8.2.4)
	Kein Emissionsstrom	Gerät muss beim Hersteller überprüft werden
	Kollimatoren oder ähnliches im Strahlengang	Experimentellen Aufbau kontrollieren
	Röntgenröhre dejustiert	Röntgenröhre justieren (siehe Abschnitt 8.5)

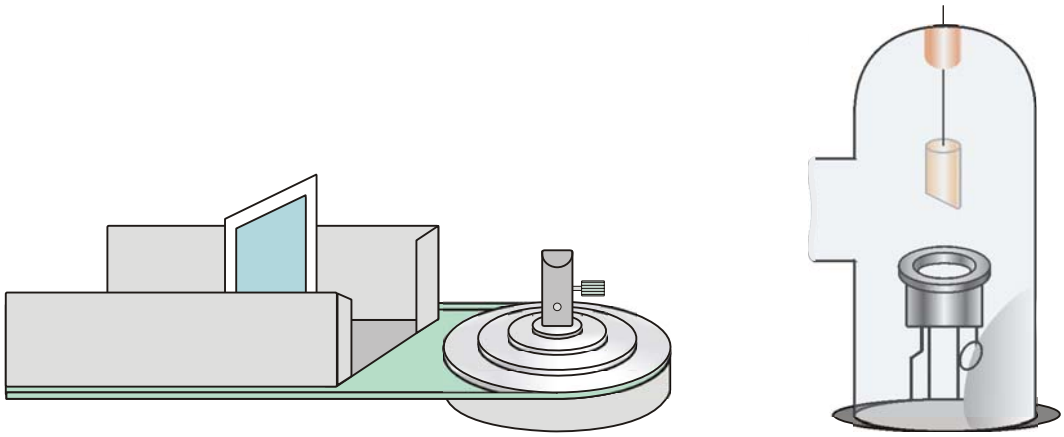


Fig. 1 Einbau des Leuchtschirms in den Messarm

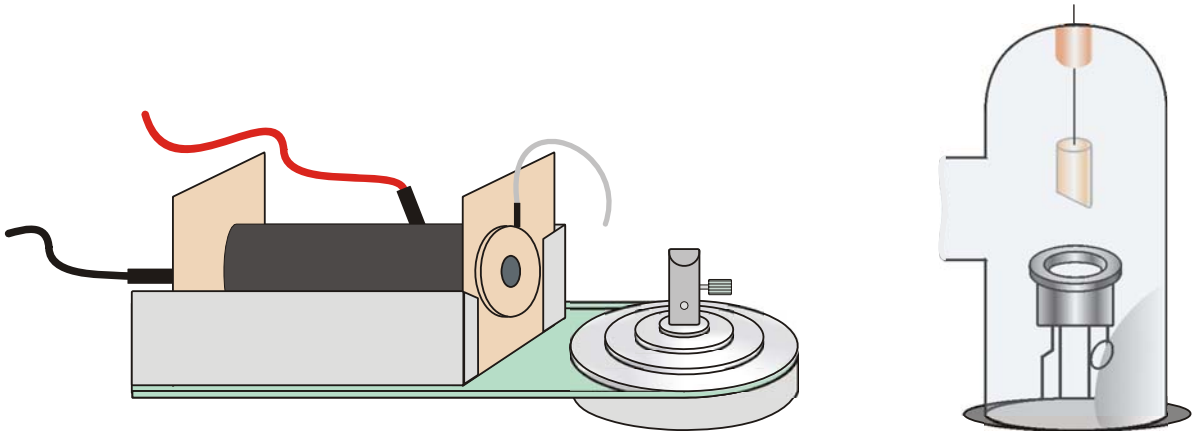


Fig. 2 Einbau der Ionisationskammer in den Messarm

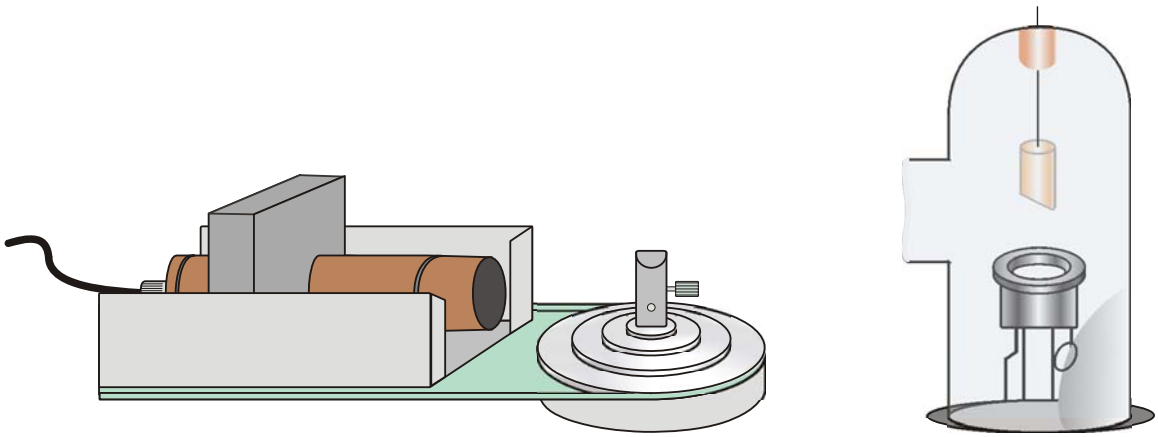


Fig. 3 Einbau des Geiger-Müller-Zählrohrs in den Messarm

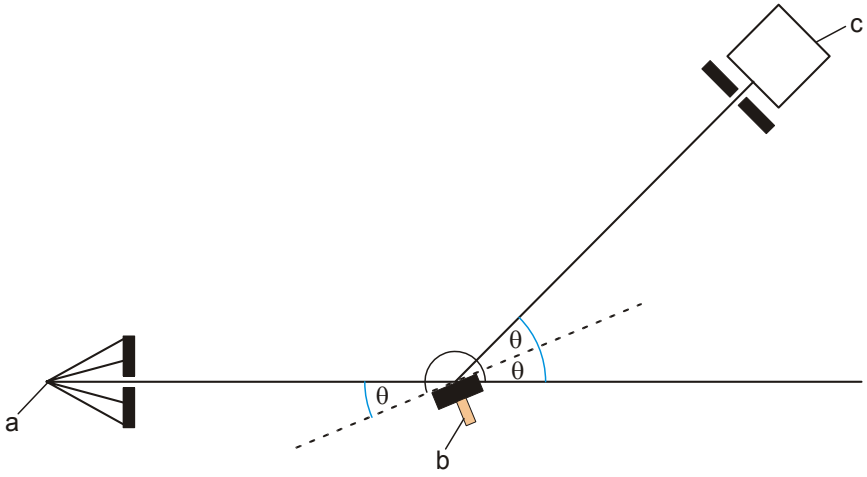


Fig. 4 Geometrie bei der Bragg-Reflexion (a Röntgenröhre, b Einkristall, c Zählrohr)

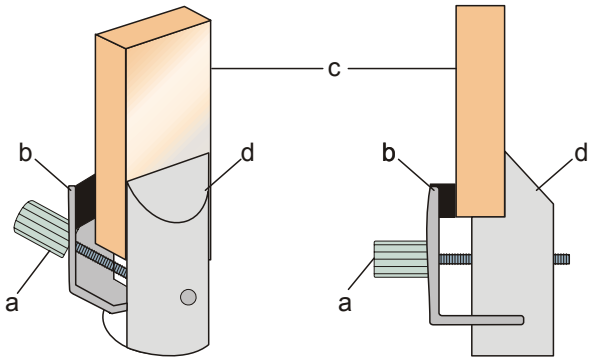


Fig. 5 Einbau des Kristalls in den Probenhalter
a: Schraube, b: Spannbacke, c: Kristall, d: fester Teil des Probenhalters

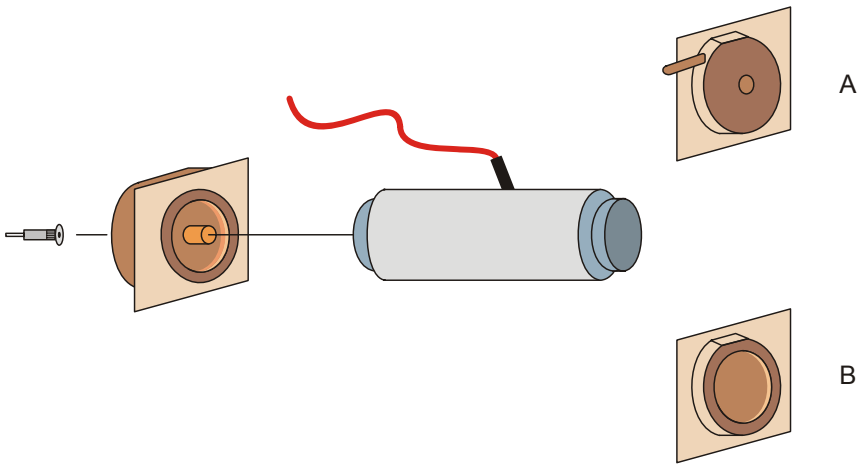


Fig. 6 Zusammenbau der Ionisationskammer (A für verminderten Druck, B für normalen Luftdruck)

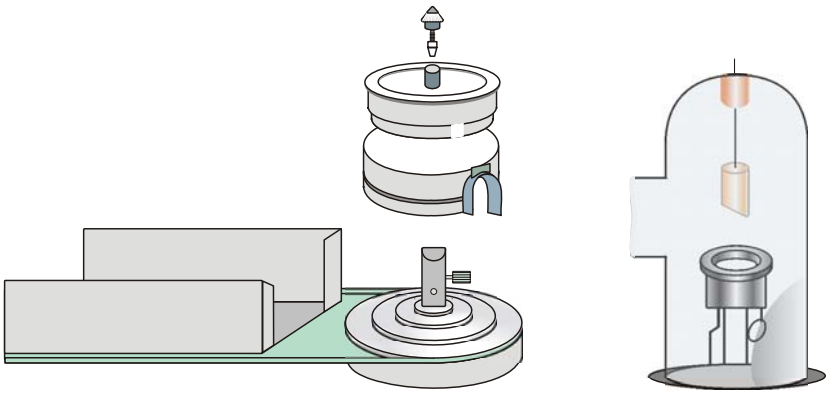


Fig. 7 Ein- bzw. Aufbau der Debye-Scherrer-Kamera

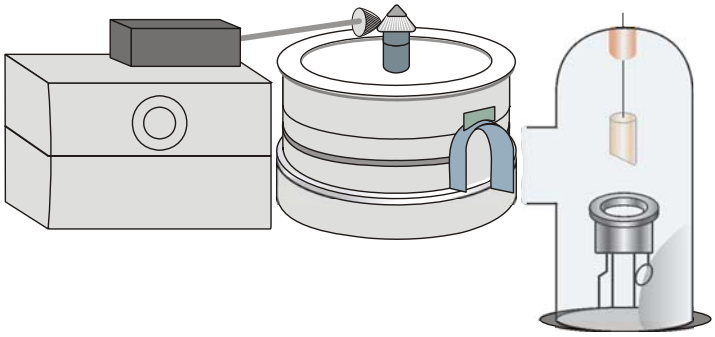


Fig. 8 Debye-Scherrer-Kamera mit Motortrieb

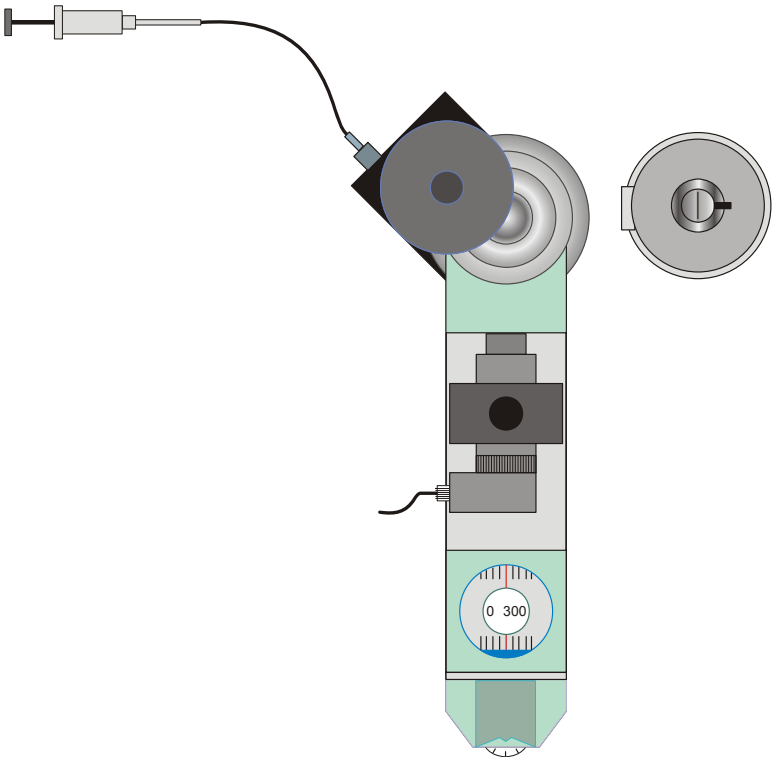


Fig. 9 Einbau des Streufolienmagazins

© Copyright 2012 3B Scientific GmbH